

מפרט לחומר הגוונה אדום בנתיבי תחבורה ציבורית

מהדורה שנייה

סיון תשע"ו – יוני 2016

הוועדה הבין-משרדית לבחינת התקני תנועה ובטיחות
במינוי המנהל הכללי של משרד התחבורה

מפרט לחומר הגוונה אדום בנתיבי תחבורה ציבורית

הכינו: ד"ר קרולין מטר ואינג' אדריאן קוטרוש

בליווי והנחיה של מר סלים והבי,

מנהל הוועדה הבין-משרדית לבחינת התקני תנועה ובטיחות

ובתמיכת הוועדה

הרכב הוועדה

- אינג' עירית שפרבר
- אינג' הראל דמתי
- מר סלים והבי
- אינג' ישעיהו רונן
- אינג' מאריה כהן-אתגר
- אינג' שמעון נסיכי
- אינג' יהודה אריה
- אינג' אריק פולונסקי
- אינג' דני ירס, אינג' אלכס ויאזמנסקי (מ"מ)
- אינג' נועם יהלום
- אינג' רביבה אנוקוב
- מר זאב גולדנברג
- אינג' מיכל גרוס
- אינג' לב קרסילשיקוב, אינג' פרנצ'סקה לביא
- רפ"ק אינג' ערן סדן
- ד"ר נטלי כץ
- אינג' ולד זסלבסקי
- אינג' שי בשארי
- אינג' רחלי בורד-עדן
- אינג' רובי כרמל
- פרופ' שלום הקרט, ד"ר בני פרישר,
- ד"ר ויקטוריה גיטלמן, אינג' אדי קוטרוש
- אינג' יובל בלום, ד"ר קרולין מטר, ד"ר דן לינק
- יועצים מדעיים לוועדה
- מנהלת אגף בכיר תכנון תחבורתי, משרד התחבורה והבטיחות בדרכים – יו"ר
- משרד התחבורה והבטיחות בדרכים, מ"מ יו"ר
- מנהל הוועדה
- יועץ מטעם המפע"ת הארצי
- הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים
- חב' "נתיבי ישראל"
- איגוד המהנדסים לבנייה ותשתיות
- חב' "יפה נוף", עיריית חיפה
- חב' "כביש חוצה ישראל"
- חב' "דרך ארץ" בע"מ
- חב' "נתיבי היובל" בע"מ
- עיריית ירושלים
- עיריית ת"א
- חב' "נתיבי איילון"
- משרת ישראל
- רכבת ישראל
- עיריית חיפה
- חב' "דרך הצפון"
- משרד הביטחון
- הטכניון

י"ב בניסן, התשע"ה
01 אפריל 2015
סימוכין: 06301415

הנדון: מפרט לחומר הגוונה אדום בנתיבי תחבורה ציבורית

משרד התחבורה נרתם להכנת מפרט לחומר הגוונה אדום המיועד לשימוש בנתיבי תחבורה ציבורית.

בהיעדר תקינה ישראלית ועולמית לטיפול בחומרי הגוונה בכלל וחומר הגוונה אדום בפרט, הופך מסמך זה לראשון מסוגו אשר מטפל בבדיקה ובבחינה של חומר הגוונה אדום המיועד לשימוש בנתיבי תחבורה ציבורית.

מטרת המפרט הינה קביעת דרישות לבחינה ולקבלה של חומרי הגוונה אדומים המיועדים להבלטה ולהדגשה של נתיבי תחבורה ציבורית. מפרט זה מציג את הכלים והשיטות בהם ניתן לקבל ולאשר חומרים אלו בארץ.

המפרט מציג דרישות מחומר הגוונה אדום, הכוללות דרישות מעבדתיות ודרישות מעקב אחר תפקוד חומר ההגוונה לאחר יישומו בתנאי הארץ.

בכבוד רב,



מאיר חני
מנהל הרשות הארצית
לתחבורה ציבורית

תוכן עניינים

1	מבוא	1
1.1	כללי	1
1.2	מטרת המפרט	2
1.3	מונחים והגדרות	2
1.4	חלות המפרט	3
2	מפרט לבדיקה ואישור	4
2.1	דרישות מבדיקות מעבדה	4
2.2	דרישות ליישום	6
2.3	מעקב לתפקוד החומר לאחר יישום בפועל בתנאי הארץ	7
3	סיכום	9

נספח א: השלכות בטיחותיות ותכונות תפקודיות נדרשות

10	מחומרים אדומים להגוונת נת"צים	10
10.א	השלכות בטיחותיות של יישום חומרי הגוונה לנת"צ	10
10.א.2	תכונות תפקודיות נדרשות מחומרי הגוונה	10
10.א.2.1	נראות החומר	10
10.א.2.2	גוון החומר	11
10.א.2.3	מרקם (טקסטורה) ועובי	11
10.א.2.4	התנגדות להחלקה	12
10.א.2.5	תוחלת חיים של חומר ההגוונה	13
10.א.2.6	חומרים מסוכנים בתוך חומרי ההגוונה	13

14	נספח ב: סקירת מסמכי רקע	14
14.ב.1	מבוא	14
14.ב.2	תקינה	15
14.ב.2.1	משטחים אדומים להבלטת נתיבי תחבורה ציבוריים	15
14.ב.2.2	אלו מחולקים ל-2 קטגוריות:	16
14.ב.2.2.1	הקניית הגוון לחומרי ההגוונה מתקבלת באמצעות מספר שיטות	16
14.ב.3	הנחיות ומפרטים	17
14.ב.3.1	אנגליה, מפרט לבדיקה והערכה של חומרי הגוונה לנתיבי תחבורה	19
14.ב.3.2	אנגליה, מפרט אבטחת איכות – מחוז אוקספורדשייר	23

26.....	ב.3.2 מפרט אבטחת איכות – ניו ווילס, אוסטרליה
31.....	ב.3.3 מפרט רשות שדות תעופה אמריקאי FAA
31.....	ב.3.4 מסמכי הנחיות נוספים
34.....	ב.4 מראי מקום

נספח ג: נוהל הגשת תיק מוצר לחומר הגוונה אדום

36.....	לבדיקה במסגרת הועדה הבין משרדית
36.....	ג.1 מפרט טכני
36.....	ג.2 הוראות יישום
37.....	ג.3 הוראות אחזקה
37.....	ג.4 גיליון בטיחות
38.....	ג.5 בדיקות מעבדה
38.....	ג.6 סימון אריזה ותיעוד שרשרת אספקה
38.....	ג.7 ניסיון בשימוש בחומר ההגוונה ברשויות דרך
39.....	ג.8 מסמכים נוספים

1 מבוא

1.1 כללי

חומרים להגוונה באדום לצורך הבלטה של נתיבי תחבורה ציבורית נמצאים בשימוש משנות ה-90 במגוון מדינות, לרבות בישראל. מהספרות העולמית עולה כי חומרים אלו אף הוטמעו בהנחיות לתכנון במספר מדינות כגון ניו-זילנד, אוסטרליה, אנגליה וארה"ב.

בישראל נעשה שימוש בחומרים אלו במטרופולין חיפה, ירושלים ותל אביב לצורך הבלטת נתיבי תחבורה ציבורית בעשור האחרון. חומרים אלו לא עברו תהליך של בדיקה ואישור וכמו כן גם לא הוגדרו עבורם הנחיות או דרישות תפקודיות לקבלה ולאחזקה.

חומרים להגוונה המיושמים על פני המיסעה אינם חלק מלוח התמרימים. מכאן שלא ניתן להתייחס אליהם כחומרי סימון המופיעים בלוח התמרימים למרות שקיימים קווי דמיון באשר לתפקידם.

ככלל, ביצוע הגוונה של נתיבי תחבורה ציבורית נעשה על מנת להבליט את השימוש המיוחד של נתיבים אלו ביחס לנתיבים הרגילים. באופן פרטני, יש לתהליך ההגוונה מספר מטרות:

- למנוע חדירה בשוגג ולהרתיע כלי רכב מפני נסיעה מכוונת על נתיב התחבורה הציבורית.
- להפנות את תשומת ליבם של הולכי רגל להיות הנתיב מיועד לתחבורה ציבורית, שבו מתקיימת תנועה בעלת אופי אחר, על פי הסדרי התנועה במקום.

המטרה הראשונה בעלת השלכה תנועתית והיא נועדה להבטיח הפרדה בפועל בין כלי הרכב הרגילים לאלו המורשים לנוע בנתיב. המטרה השנייה, הנוגעת להולכי רגל מיועדת בעיקר להיבט הבטיחותי. היבט בטיחותי זה בא לידי ביטוי גם בנתיב "צ"ם בכלל, אולם הם חשובים במיוחד כאשר יש תנועת תחבורה ציבורית החורגת מן המוכר, למשל: כנגד כיוון התנועה הכללית, או במסלול לתחבורה ציבורית שהוא שלישי ובתנועה דו סטרית.

בהיעדר תקינה ישראלית (או אחרת) המתייחסת לחומרי הגוונה, נוצר צורך בהכנת **מפרט**, היוצר את הכלים לבחינה ואישור של חומרי הגוונה.

המפרט הנוכחי מתייחס לחומר הגוונה **אדום בלבד** המיועד ליישום בנתיבי תחבורה ציבורית.

בעיקרון, הדרישות המעבדתיות של חומר הגוונה אדום זהות לדרישות, ע"פ תקן, מחומרי סימון, למעט התכונות הבאות:

- נראות לילה: בחומרי הגוונה לא נדרשת נראות לילה מאחר ונתיבי תחבורה ציבורית נמצאים בסביבה מוארת. בנוסף, הסקירה הספרותית באשר לנעשה בעולם לא מתייחסת לתכונה זו. חשוב לציין שהמשמעות של זיהוי בלילה ממרחק גדול היא שולית.

- נראות יום: קיימת דרישה למקדם בהיקות בלבד. מקדם הבהיקות הוא תכונה מקבילה לנראות יום וקיים עליו מידע והתייחסות בתקינה הישראלית לחומרי סימון ת"י 1871. ערך מקדם הבהיקות הורחב במטרה להתאים לגוונים וחומרי ההגוונה הקיימים בעולם תוך הרחבת טווח הערכים מול תקן 1871 (אשר נותן מענה בעיקר לחומרי סימון לאבני שפה). טווח הערכים במפרט זה עומד על $0.12 \leq \beta \leq 0.22$, מול טווח $0.15 \leq \beta$, בתקן 1871.
- התנגדות להחלקה: רמת ההתנגדות המזערית להחלקה, הועלתה לרמה S2 במקום S1 (דרישת סף מזערית לחומרי סימון ע"פ התקן) וזאת מאחר ומדובר ביישום על שטח גדול בהרבה מאשר בסימונים הרגילים על פני הדרך. עובדה זו מגבירה את הקשר בין גלגלי כלי הרכב לחומר ההגוונה ומעלה את חשיבות נושא ההתנגדות להחלקה של שטחים אלו.
- דרישת סף לתפקוד לאחר שחיקה: משך הקיים המזערי הנדרש הועלה לרמה P7 במקום P4. זאת מאחר ומדובר ביישום על שטח גדול יותר, חשוב שמשך הקיים שלו יהיה ארוך יותר.
- עומק מרקם: עומק המרקם הנבחר לבדיקות קיים הינו RG2. זהו עומק המרקם המאפיין את המבנה ברוב הכבישים בארץ.
- בדיקת TROGER WEAR הוסרה מדרישות הסף של חומר ההגוונה, מאחר וזו בדיקה המיועדת לארצות קרות מאד ופחות רלוונטית לארץ ישראל.

1.2 מטרת המפרט

מטרת המפרט הינה קביעת דרישות לבחינה וקבלה של חומרי הגוונה אדום המיועדים להבלטה והדגשה של נתיבי תחבורה ציבורית.

1.3 מונחים והגדרות

חומר הגוונה אדום המיושם בנתיבי תחבורה ציבורית: חומר בגוון אדום המיושם על גבי המיסעה בנתיבים לתחבורה הציבורית במטרה להבלטה והדגשה של הנתיב והשימוש בו.

תוחלת חיים של הסימון (durability): משך הזמן שבו חומר ההגוונה עומד בדרישות התפקוד המוגדרות (מונח זה מוכר גם כ-"קיים", או "תקופת שירות").

מקדם נראות יום (Qd): מבטא את החזר האור הדיפוזי (לכל הכיוונים) המתקבל מהסימון ומגיע לעיני הנהג, כפונקציה של עוצמת ההארה על הסימון. מקדם נראות יום הינו ביחידה של $\text{mcd/m}^2/\text{lux}$.

$$Qd = L / E$$

כאשר:

L – בהיקות המשטח המואר מכל הכיוונים mcd/m^2

E – עוצמת ההארה בפני מישור המואר.

מקדם הבהיקות (luminance factor): היחס המבוטא באחוזים בין הבהיקות של משטח מחזיר אור בכיוון נתון לבין הבהיקות של משטח מפזר לבן אידיאלי, הנבחן באותו כיוון ומואר באותו אופן.

חומרים תרמופלסטיים (thermoplastic): חומרים המיושמים במצב חם על פני השטח. עקרון היישום מתבסס על חימום המרכיבים לטמפרטורה גבוהה מאד (בסביבות 200°C ובהתאם להנחיות היצרן). תהליך החימום גורם להתרככות החומרים הרלוונטיים, ההופכים לנוזל צמיג ומאפשרים את היישום על פני השטח. לאחר גמר היישום מתקשים החומרים תוך ירידת הטמפרטורה שלהם והם מתחילים לתפקד.

חומרים פלסטיים קרים (cold plastic): חומרים המיושמים במצב קר. העיקרון המשמש ליישום מתבסס על ערבוב מספר מרכיבים (בדרך כלל נוזליים) לקראת מועד הפיזור על פני השטח. מרכיבים אלו גורמים להתרחשות תגובה כימית שבעקבותיה מתקשים החומרים על פני השטח ומתחילים לתפקד.

חומרים שמשפרים התנגדות להחלקה של חומר הסימון (antiskid aggregates): חומרים (אגרגטים בגדלים שונים) אשר מגדילים את מקדם החיכוך ומשפרים את התנגדותו של חומר הגוונה להחלקה. חומרים אלו מכונים בד"כ חומרים מונעי החלקה.

1.4 חלות המפרט

המפרט חל על חומרי הגוונה אדומים המיועדים ליישום על גבי המסיעה בנתיבי תחבורה ציבורית בלבד.

2 מפרט לבדיקה ואישור

2.1 דרישות מבדיקות מעבדה

דרישות הקבלה לחומר הגוונה אדום המיועד ליישום על גבי המיסעה בנתיבי תחבורה ציבורית כוללות התייחסות להגדרת תחום הקואורדינטות הכרומטיות של הגוון האדום, לבדיקות אפיון, בדיקות עבור התוספים ובדיקות קיים. הבדיקות המעבדתיות יבוצעו לפי אותו מפרט ואותן כמויות (חומרי בסיס ותוספים למיניהם) כפי שמתוכנן להתבצע בפועל בשטח, והאישור ליישום יהיה בכפוף לכך. כל הבדיקות צריכות להתבצע במעבדות מוסמכות לביצוע אותן הבדיקות.

הדרישות לחומר ההגוונה נשענות על תקן ישראלי ת"י 1871 (חומרים לסימון דרכים – צבעים, חומרים פלסטיים קרים וחומרים תרמופלסטיים – דרישות). זאת למעט השינויים הנוגעים לתכונות הבאות: נראות לילה, נראות יום, התנגדות להחלקה, קיים, עומק מרקם ובדיקת TROGER WEAR, כפי שהוסבר במבוא בסעיף 1.1.

להלן פירוט הבדיקות הנדרשות מחומר הגוונה אדום:

א. דרישות קואורדינטות כרומטיות לגוון אדום: בשלב זה ועד לדיון במסגרת הועדה הבין משרדית, הקואורדינטות הכרומטיות לגוון אדום לצורך אישור ההתקן יהיו בהתאם לקואורדינטות של הגוון האדום של חומרי סימון בהתאם לתקן ישראלי ת"י 1871. (ראו טבלה 2.1).
גוון זה משמש גם את הסימונים באדום על אבני השפה, בהתאמה.

טבלה 2.1: קואורדינטות כרומטיות של הגוון האדום בהתאם לת"י 1871

y	x
0.31	0.51
0.31	0.57
0.35	0.57
0.35	0.51

ב. בדיקות אפיון לסוגי חומרים: על חומר ההגוונה המיועד לנתיבי תחבורה ציבורית, לעמוד בבדיקות אפיון בהתאם לחלק מהבדיקות הרלוונטיות של חומר בסיס על פי הפירוט בתקן ישראלי 1871.
טבלה 2.2 מציגה את דרישות האפיון מחומרים המיועדים להגוונה באדום. טבלה 2.3 מציגה את דרישות האפיון מחומרים תרמופלסטיים המיועדים לסימון נתצ"ם. טבלה 2.4 מציגה את דרישות האפיון מחומרים פלסטיים קרים המיועדים לסימון נתצ"ם.

טבלה 2.2: דרישות אפיון מחומרי הגוונה חד רכיביים – באדום

סעיף בתקן ישראלי ת"י 1871	פרמטר
4.2.1.1	Luminance factor
4.2.1.2	Hiding power
4.2.1.3	Storage Stability
4.2.1.4	UV aging
4.2.1.5	Bleed Resistance
4.2.1.6	Alkali Resistance
4.5	תכולת חומרים מסוכנים

טבלה 2.3: דרישות אפיון מחומרי הגוונה תרמופלסטיים – באדום

סעיף בתקן ישראלי ת"י 1871	פרמטר
4.2.2.1	General
4.2.2.2	Test before heat stability
4.2.2.2.1	Luminance factor
4.2.2.2.2	Softening point
4.2.2.2.3	Alkali Resistance
4.2.2.2.4	Cold impact resistance
4.2.2.2.5	UV aging
4.2.2.3	Test after heat stability
4.2.2.3.1	Luminance factor
4.2.2.3.2	Softening point
4.2.2.3.3	Indentation
4.2.2.3.5	UV aging
4.5	תכולת חומרים מסוכנים

טבלה 2.4: דרישות אפיון מחומרי הגוונה פלסטיים קרים – באדום

סעיף בתקן ישראלי ת"י 1871	פרמטר
4.2.3.1	Luminance factor
4.2.3.2	Storage Stability
4.2.3.3	UV aging
4.2.3.4	Alkali Resistance
4.5	תכולת חומרים מסוכנים

ג. תוספים לחומר ההגוונה באדום המיועדים לשיפור תפקודו, כמו אגרגטים מונעי החלקה צריכים לעמוד בדרישות התקן הישראלי ת"י 1423.

ד. בדיקות קיים: בדיקות אלה מתייחסות לתפקוד החומר לאחר שחיקה של כלי רכב. הבדיקות מתבצעות על המתכונת המלאה, על כל מרכיביו, של חומר ההגוונה (לרבות חומר יחד עם אגרגטים מונעי החלקה). בדיקות הקיים יתבצעו בהתאם לתקינה הישראלית ת"י 1871 סעיפים 4.3 ו-4.4.

התקינה הישראלית מפנה לתקינה האירופאית EN 13197 (גלגל נע) או EN 1824 (בדיקות שדה). הבדיקות צריכות להתבצע על משטח בעל עומק מרקם RG2 $0.6 \text{ mm} < \text{texture depth} < 0.9$ (mm), עומק מרקם זה מאפיין את המבנה ברוב הכבישים בארץ. הדרישות לבדיקות קיים מוצגות בטבלה 2.5.

טבלה 2.5: דרישות קיים לחומר הגוונה אדום*

מקדם בהיקות	רמה מינ' התנגדות להחלקה (BPN)	קואורדינטות כרומטיות	דרישת מינ' לקיים
$0.12 \geq \beta \geq 0.22$	$S2 \geq 50$	בתחום המוגדר בטבלה 4.1	P7

* הערכים המופיעים בטבלה הם לאחר מעברי גלגל P7.

2.2 דרישות ליישום

- המתכונת המלאה של חומר ההגוונה (חומר ותוספים) צריכה להיות מיושמת כפי שנבדקה בבדיקות המעבדה ובהתאם לאישור הועדה הבין משרדית.
- דרישות עובי יישום: מטעמי בטיחות לא יתקבלו חומרים שעובי היישום שלהם הנו מעל 5 מ"מ.

2.3 מעקב לתפקוד החומר לאחר יישום בפועל בתנאי הארץ

בהיעדר תקינה רלוונטית הנוגעת בצורה ישירה וממוקדת לחומרי הגוונה למיניהם, ובהיעדר ניסיון ממשי בשימוש בחומרים אלו, נדרש הליך של מעקב שיטתי אחר התפקוד של החומר בפועל, בתנאים אמיתיים בשטח. לשם כך, יינתן **אישור זמני ומותנה לשנה** (שתתחיל עם יישום חומר ההגוונה בשטח, בתנאי הארץ). זאת **לאחר עמידת חומר ההגוונה בדרישות המופיעות בסעיפים 2.1 ו-2.2 למפרט זה**.

לאחר יישום חומר ההגוונה בדרכים בארץ, על הספק/היצרן לבצע מעקב שיטתי אחת לרבעון (כל 3 חודשים) ולהציג בפני הועדה דוחות על תפקוד חומר ההגוונה בתנאי הארץ. במסגרת המעקב לתפקוד ייבחן תפקוד חומר ההגוונה בתנאים אלה במשך תקופה של שנה אחת לפחות, הן מבחינה חזותית והן מבחינה כמותית.

בחינה חזותית של תפקוד חומר ההגוונה תתבצע על ידי צוות מומחים בלתי תלוי המאושר על ידי רשות הדרך בה יושם חומר ההגוונה. צוות המומחים יבחן את תפקוד חומר ההגוונה בהיבט של השחרה, התרשמות כללית ועוד.

בחינה כמותית של תפקוד חומר ההגוונה תתבצע על ידי מעבדה בלתי תלויה. במסגרת הבדיקות המעבדתיות יבחנו תכונות החומר הבאות: התנגדות להחלקה, קואורדינטות כרומטיות, מקדם בהיקות, התקלפות וסדיקה.

טבלה 2.6 מציגה את דרישות התפקוד מחומר ההגוונה במהלך שנת המעקב.

טבלה 2.6: דרישות תפקוד מחומר הגוונה בתקופת המעקב לתפקוד

בדיקות	תכונה	דרישה
בדיקות חזותיות של צוות מומחים בלתי תלוי	השחרה/ לכלוך	דיווח על רמת השחרה 1-5* ערך רצוי בנתיב הגלגל: עד 2* ערך רצוי בין נתיבי הגלגל: עד 2*
	התרשמות כללית מהשטח	תיאור כללי של פני השטח, תיאור בעיות אופייניות
בדיקות כמותיות המתבצעות על ידי מעבדה	התנגדות להחלקה	מינימום BPN 50
	קואורדינטות כרומטיות	בתחום של גוון האדום המוגדר בת"י 1871
	מקדם בהיקות	$0.12 \leq \beta \leq 0.22$
	התקלפות	מקסימום 0.5% מהשטח
	סדיקה	מקסימום 10% מהשטח סובל מסדיקה נימית (ברוחב עד ל-0.5 מ"מ). סדיקה רחבה יותר אינה מותרת

* הערכה חזותית בלבד, כאשר 1 מציין מצב של העדר בעיית השחרה ו-5 מציין השחרה חמורה מאד.

בכל דרך בה יושם חומר ההגוונה יש לבחור שלושה קטעים נפרדים מייצגים. כאשר כל קטע הוא באורך של 100 מטר. בכל אחד מהקטעים יש לבצע בדיקות בשלוש נקודות שונות. ממוצע הבדיקות בכל קטע צריך לעמוד בדרישות המוצגות בטבלה 2.6.

על מנת לבצע בדיקה של התקלפות וסדיקה יש לבחור שלוש מקומות מייצגים בכל קטע (100 מ'). ובשטח 30x30 ס"מ.

בתום תקופת המעקב יוחלט במסגרת הועדה הבין משרדית על מתן (כן/לא) של אישור לחומר ההגוונה לשלוש שנים נוספות, או לחילופין גריעת החומר מרשימת ההתקנים המאושרים על ידי הוועדה. במידה וחומר ההגוונה יעבור את תקופת המעקב בהצלחה, רמות התפקוד שלו, כפי שיוצגו בפני הועדה ובאישורה יכללו התייחסות לתפקוד החומר בתום שנת המעקב.

3 סיכום

המפרט מתייחס לחומרי הגוונה אדומים המיועדים ליישום בנתיבי תחבורה ציבורית בלבד, במטרה להבליט ולייחד נתיבים אלו.

המפרט הזה הינו הראשון מסוגו, ובהיעדר תקינה המכסה את הדרישות מחומרים אלו, ישמש מפרט זה למסמך מנחה אשר מציג את הכלים והשיטות בהם ניתן לקבל ולאשר חומרים אלו, במסגרת הועדה הבין משרדית לבחינה ואישור התקני תנועה ובטיחות.

המפרט כולל דרישות מעבדתיות הכוללות בדיקות אפיון לסוגי החומרים ובדיקות קיים, וכן דרישות ליישום חומר ההגוונה.

בנוסף לאמור לעיל, המפרט מציג דרישות למעקב אחר תפקוד חומר ההגוונה במהלך של שנה ממועד יישומו. מטרת המעקב הינה בחינה חזותית וכמותית לתפקוד חומר ההגוונה בתנאי הארץ.

נספח א: השלכות בטיחותיות ותכונות תפקודיות נדרשות

מחומרים אדומים להגוונת נת"צים

1.א. השלכות בטיחותיות של יישום חומרי הגוונה לנת"צ

בדומה לחומרי סימון, חומרי הגוונה אדומים המיועדים ליישום על גבי נת"צים סובלים מהידרדרות בערכי התפקוד שלהם, לאורך תקופת השירות. זאת עקב השפעת תנאי הסביבה (הן בעת היישום והן לאורך תקופת השירות של החומר), מעבר של כלי רכב, זיהומים שונים וכו'.

תכונת התפקוד החשובה ביותר של חומרים להגוונה הנוגעת לבטיחות משתמשי הדרך הינה ההתנגדות להחלקה. חשוב לשמור על ערכים נאותים של תכונה זו לאורך תקופת השירות. בניגוד לחומרי סימון המיושמים ברוחב קטן יחסית, חומרים המיועדים להגוונה מיושמים ברוחב יותר משמעותי (רוחב של מטר אחד בנת"צים במדינת ישראל). יישום חומר על שטח יותר גדול מגדיל את החשיבות של ערכי ההתנגדות להחלקה של החומר בכל מקרה, ועל אחת כמה וכמה כאשר מדובר ביישום בעקומות.

נקודה חשובה נוספת הינה הנראות של חומר ההגוונה על פני המיסעה. נראות חומר ההגוונה למשתמשי הדרך משפיעה בעיקר על מניעת חדירת כלי רכב פרטיים לא מורשים לנתיבי תחבורה ציבורית. לפעולה זו יש חשיבות תנועתית בעיקרה. לעומת זאת, לנראות חומר ההגוונה לעיני הולכי רגל יש חשיבות בטיחותית גבוהה מאד, בעיקר במקומות שבהם תנועת התחבורה הציבורית בנתיבים המיועדים הינה תנועה המנוגדת לכיוון התנועה של שאר כלי הרכב באותו מסלול, או במקרים של מת"צים שבהם יש תנועה דו סטרית של תחבורה ציבורית.

2.א. תכונות תפקודיות נדרשות מחומרי הגוונה

תכונותיהם העיקריות של חומרי הגוונה בדומה לתכונות של חומרי סימון הן: נראות על כלל מרכיביה, התנגדות להחלקה, גוון, טקסטורה של היישום, קיים ועובי החומר.

1.2.א. נראות החומר

נראות חומר ההגוונה הינה תכונה חשובה המשרתת בעיקר את המטרה להבלטה והדגשה של השטח. ללא נראות נאותה, חומר ההגוונה אינו ממלא את תפקידו בהעברת המסר למשתמשי הדרך. הערכת הנראות הנוגעת לחומר ההגוונה מתמקדת בעיקר בנראות יום/בהיקות של חומר ההגוונה.

נראות יום מתייחסת לנראות השטח במהלך שעות היום וכן היא רלוונטית לקטעי דרך שבהם קיימת ומופעלת תאורת דרך במהלך שעות החשיכה.

במשך שעות היום (וכן בתנאים של קיום תאורת דרך) מוטלת קרינה אורית סביבתית על השטח, קרינה המוחזרת בצורה דיפוזית (לכל הכיוונים). חלק מהאור המוחזר מגיע לעיניו של הנהג וגורם לו לזהות ולראות את השטח עם חומר ההגוונה.

המונח של נראות היום מיוצג על ידי שני פרמטרים אפשריים: מקדם נראות היום (Qd) ומקדם הבהירות.

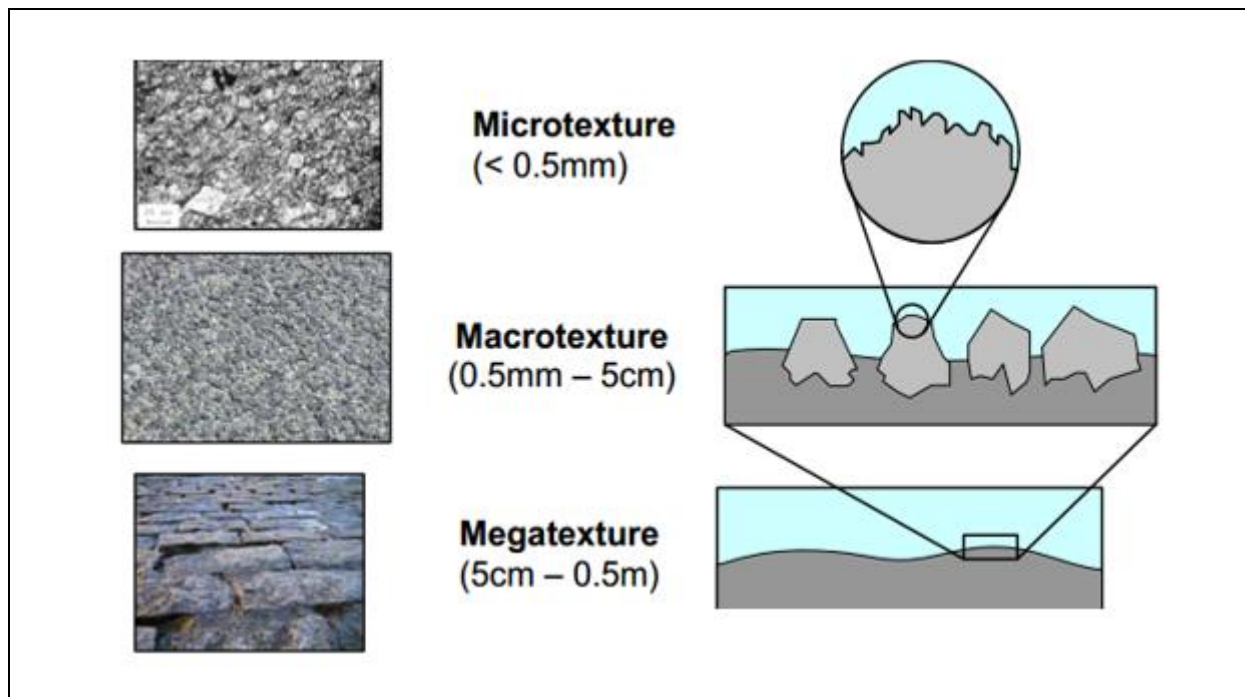
א.2.2 גוון החומר

הגוון של החומר מוגדר לפי קואורדינטות כרומטיות אותן הגדירה הועדה הבין לאומית לתאורה – CIE Commission International d'Eclairage. התקן המפורסם ביותר של הועדה מכונה CIE Chromaticity Chart והוא מאפשר לבצע מיפוי דו ממדי של כלל הגוונים הניתנים לקליטה בעין האדם. גוון של חומר מוגדר לפי שתי קואורדינטות x ו- y .

א.3.2 מרקם (טקסטורה) ועובי

הטקסטורה של החומר המיושם מתייחסת למעשה לשלש רמות של מרקם המשטח הנבדק (ראו ציור א.1) כפי שמפורט להלן:

- מירקם מיקרוסקופי – הוא המרקם שאינו נראה בעין בלתי מזוינת (מירקם בעל אורך גל של פחות מחצי מילימטר) וקשור למאפיינים של החומרים שבתערובת ולא לאופי התערובת. המרקם המיקרוסקופי נבדק בדרך כלל על ידי בדיקות התנגדות להחלקה במהירות נמוכה.
- מירקם מקרוסקופי – הוא המרקם של פני השטח שנקבע על ידי אופי התערובת של חומר הציפוי, או שילוב בין אופי התערובת של חומר הציפוי לזה של התערובת האספלטית של פני המיסעה. בדרך כלל מדובר במרקם בעל אורך גל שבתחום 0.5-50 מ"מ וזהו תחום הנראה לעין וניתן לזיהוי. חשיבותו של המרקם המקרוסקופי הינה ביכולתו לספק אמצעי ניקוז למים בעת בלימת חרום ברטוב. ככל שהמרקם המקרוסקופי קטן יותר, כך עולה הסכנה להחלקה בעת בלימה במהירויות גבוהות. המרקם המקרוסקופי נמדד בדרך כלל על ידי שיטות כמו טלאי חול, או באמצעות שימוש במדי לייזר (או מדי אולטרה סוני) יעודיים.
- מירקם מגה-סקופי – מירקם פני השטח באורכי גל הגדולים מכ-50 מ"מ. אורכי הגל בסוג מירקם זה גדולים מאשר האורך הרלוונטי שיכול לתרום לניקוז פני השטח בעת בלימת חרום, וזאת מאחר שאורך הגל של סוג מירקם זה קרוב לאורך שטח המגע בין הצמיג לבין המיסעה. תחום מירקם זה אינו משפיע במידה משמעותית על איכות ההתנגדות להחלקה. דוגמאות קלאסיות למרקם מגה-סקופי הינם למשל חומרי סימון המיושמים בעוביים המשתנים לסירוגין. במקרים אלו, המטרה העיקרית הינה הגברת נראות הלילה של החומרים, או יצירת אפקט של ויברציה בעת חצייה של הפסים.



ציור א.1: הדגמת המונחים השונים של מירקם פני השטח בהקשר לנושא התנגדות להחלקה (Shaffer et al., 2006)

המרקם המקרוסקופי של חומר המיושם כחומר ציפוי (חומר סימון או חומר הגוונה) יכול להתקבל בשני אופנים עיקריים:

- **חומרים המיושמים בשכבה דקה** – בשל העובי המצומצם, חומר הציפוי תורם רק במידה מוגבלת ליצירת המרקם המקרוסקופי של פני השטח. עיקר המרקם המקרוסקופי המתקבל לאחר היישום הינו למעשה השתקפות של המרקם המקרוסקופי של התערובת האספלטית שבפני הדרך. במקרים אלו יש יתרון גדול לתערובות אספלטיות בעלות מירקם מקרוסקופי עמוק, כמו SMA.
- **חומרים המיושמים בשכבה עבה** – בחומר בעל עובי גדול יחסית (בדרך כלל מעל לכ-1 מ"מ), יוצר חומר ההגוונה מיסוך של מירקם התערובת האספלטית שעל פני הדרך. במקרים אלו מירקם החומר עצמו (כמו נוכחות כדוריות זכוכית גדולות במיוחד, או טקסטורה המתקבלת תוך היישום עצמו) יהיה זה שיקבע את עומק המרקם המקרוסקופי.

א.2.2 התנגדות להחלקה

התפקיד העיקרי של תכונת ההתנגדות להחלקה של חומר ההגוונה הינו למנוע סיכון או פגיעה במשתמשי הדרך כתוצאה מעצם נוכחות החומר על פני המיסעה. לתכונת ההתנגדות להחלקה יש חשיבות גדולה לכלל המשתמשים בדרך ובמיוחד לכלי רכב דו-גלגליים שרגישותם להחלקה גבוהה במיוחד.

המרקם הטוב ביותר מבחינת התנגדות להחלקה הינו שילוב של מירקם מיקרוסקופי מחוספס עם מירקם מקרוסקופי עמוק. אך חשוב לציין שהמרקם המיקרוסקופי הינו התורם העיקרי להתנגדות להחלקה כאשר מדובר במיסעה רטובה ובמהירויות נמוכות.

א.2.5 תוחלת חיים של חומר ההגוונה

ההרכב ואופן היישום של חומר ההגוונה משפיעים במידה רבה הן על ערכי התפקוד הראשוניים והן על עמידות החומר לאורך זמן. תכונות חומר ההגוונה משתנות לאורך תקופת השירות. קצב ההידרדרות של תכונות אלו תלוי בגורמים שונים הכוללים:

- השפעת התנועה העוברת מעל פני החומר המיושם (נפח התנועה העובר) – ככל שנפח התנועה העובר הינו גדול יותר, כך עולה קצב השחיקה והירידה בתפקודו של החומר. לסוג החומר חשיבות רבה בהקשר זה.
- השפעות אקלימיות של מים וקרינת השמש.
- הצטברות זיהומים שונים.
- סוג ומאפייני התערובת האספלטית. נושא זה רלוונטי בעיקר כאשר לחומרים המיושמים בעובי דק, שבהם מירקם מיסעה עמוק תורם להארכת תקופת השירות של החומר.

הכלי המרכזי בבדיקת הקיים של חומרי הגוונה הינו הצידוד של גלגל נע הנמצא בשימוש במספר קטן של מעבדות באירופה. כלי זה הינו הכלי הטוב ביותר כיום להערכת התפקוד של חומרי סימון וחומרי הגוונה לאורך זמן, אולם יש לו מגבלות לא מעטות. בנוסף, הכלי האמור אינו מסוגל כיום לבצע הדמיה של תנאים שונים השוררים בשטח, כמו נושא טמפרטורות גבוהות בתקופת הקיץ (רלוונטי בעיקר בהקשר להתנהגות חומרים תרמופלסטיים) וכן נושא הזיהומים המתקבלים כתוצאה מזיהום אויר, המגע בין צמיגי המכוניות לפני השטח ועוד. על כן, חשוב להבין את הצורך באיסוף מידע והסקת מסקנות מהתפקוד בפועל של חומרים אלו בשטח, בתנאים שונים.

א.2.6 חומרים מסוכנים בתוך חומרי ההגוונה

נושא זה מטפול בהקשר של חומרי סימון בתקינה הישראלית המגדירה מגבלות ואיסורים על שימוש בחומרים שונים, כמו עופרת, מתכות כבדות, בנזן, ממיסים על בסיס כלור וכו'. בהיעדר תקינה ספציפית לחומרי הגוונה, הם יענו לדרישות של חומרי סימון בנושא זה. בדיקות לנושא תכולת חומרים מסוכנים יתבצעו בזמן בחינת החומר להתאמה לתקינה.

על פי המצב כיום, לכל חומר קיים גיליון בטיחות המגדיר את תכולת החומרים המסוכנים ואת אמצעי הבטיחות שיש לנקוט בהם בעת השימוש בחומרים אלו.

נספח ב: סקירת מסמכי רקע

ב.1 מבוא

בעשור האחרון מדינת ישראל משקיעה משאבים רבים בעידוד וקידום תשתיות התחבורה הציבורית בארץ. בעשור זה נבנו קילומטרים רבים של נתיבי תחבורה ייעודיים, פותחו רשתות מזינות למערכי התחבורה הציבורית והוכנסו לשימוש מגוון של אמצעי תחבורה וקווי תחבורה חדשים.

בפרק זה עלה הצורך לבדל את נתיבי התחבורה הציבוריים לא רק על ידי תמרורים ייעודיים אם כי גם על ידי שימוש בחומרי הגוונה מיוחדים.

תמרורי סימון על פני הדרך הינם אחד האמצעים במערכת הסדרי התנועה של רשת הדרכים **וחלק בלוח התמרורים התקף**. הם נועדו להעברת מסרים שונים למשתמשים בדרך. משמעות הסימונים נוגעת לכלל המשתמשים בדרך, לרבות נהגים והולכי רגל וחשיבותם גדולה בהבטחת זרימת תנועה בטוחה בדרך.

תמרורי סימון נקבעים בצורתם, גונם, מידותיהם, ואופן יישומם בחלק 5 וחלק 8 בלוח התמרורים (איננו מתייחסים כאן לסימון באתרי עבודות בדרך) שמתעדכן מפעם לפעם בפרסומים בקובץ התקנות של "רשומות". כמובן, קיימים גם סימוני צבע באתרי עבודות בדרך, אך אין זה נוגע לתחום מפרט זה.

אחד מהאמצעים להבלטת נתיבי התחבורה הייעודיים הנו שימוש בחומרי סימון בהתאם ללוח התמרורים התקף (ראו ציור ב.1).



ציור ב.1: נתיב תחבורה ציבורי ע"ח שוליים, כביש 2

הדרישות והתנאים לתמרורי דרך נקבעו בסעיף 3 של הודעת התעבורה (קביעת תמרורים), התשע"א – 2010: "תמרור, למעט תמרור סימון על פני הדרך, יהיה כמפורט בלוח התמרורים ובהתאם לת"י 2247 ותמרור סימון על פני הדרך יהיה כמפורט בלוח התמרורים ובהתאם לת"י 1423, ת"י 1790,

ת"י 1871 או ת"י 7962, כולם כתוקפם מזמן לזמן לפי חוק התקנים, התשי"ג – 1953; התקנים האמורים מצויים לעיון הציבור במשרד התחבורה והבטיחות בדרכים ובמכון התקנים הישראלי.

חומרי הגוונה אדומים המיועדים להבלטה של נתיבי תחבורה ציבוריים למעשה אינם נכנסים לקטגוריה של חומרי סימון (ראו ציור ב.2). מטרת חומרים אלה הינה הבלטה של נתיב התחבורה וחיזוק ייעודו כלפי הציבור.



ציור ב.2: נתיב תחבורה ציבורי ע"ח שוליים, כביש 1,

שימוש בחומר הגוונה אדום

ב.2 תקינה

חומרים להגוונה המיועדים להבלטה של נתיבי תחבורה ציבוריים נחלקים למספר קטגוריות. **לרוב** חומרים אלו מוגדרים כחומרים ארוכי קיים שכן מטרת הרשויות הנה לא להפריע לתחבורה הציבורית עם צורך בחידוש החומר המיושם ולהבטיח קיים ארוך ככול הניתן. יחד עם זאת קיימות שיטות שונות להקניית הגוון האדום כגון, שימוש בתערובת אספלטית בגוון אדום, ציפויים דקים בסגנון סלארי (שיטות מבוססות לרוב על אגרגטים, קשרן או פיגמנטציה מלאכותית של החומרים המרכיבים את השכבה העליונה בדרך), וכאמור יישום של חומרי הגוונה.

לא אותרה בספרות העולמית תקינה ייעודית לחומרי הגוונה המיועדים להבלטת נתיבי נסיעה. הספרות מפנה לרוב לתקנים של חומרי סימון, אם כי אין הדבר מחייב כפי שניתן לראות מהחלוקה הפונקציונאלית שהוזכרה לעיל ותפורט בהמשך. הקושי להגדיר חומרים אלו נובע ממגוון האפשרויות להקנות למיסעה את הגוונים המבוקשים.

התקינה הישימה הרלוונטית בתנאי הארץ הנה בהתאם לדרישות והתנאים לתמרורי דרך שנקבעו בסעיף 3 של הודעת התעבורה (קביעת תמרורים), התשע"א – 2010:

"תמרור, למעט תמרור סימון על פני הדרך, יהיה כמפורט בלוח התמרורים ובהתאם לת"י 2247 ותמרור סימון על פני הדרך יהיה כמפורט בלוח התמרורים ובהתאם לת"י 1423, ת"י 1790, ת"י

1871 או ת"י 7962, כולם כתוקפם מזמן לזמן לפי חוק התקנים, התשי"ג – 1953; התקנים האמורים מצויים לעיון הציבור במשרד התחבורה והבטיחות בדרכים ובמכון התקנים הישראלי."

עיקר החומרים המצויים בשימוש בעולם כפי שייסקר במסמך זה למעשה נבחנים בהתאם לתקינה האירופאית הכוללת: EN 1824, EN 13197, EN 1871(2000).

תקן EN 13197 הנו שיטת בדיקה במעבדה לקיים מוערך של הסימונים – באמצעות גלגל נע המסתובב ועובר מספר רב של פעמים על חומר הסימון המיושם על דגימה ותפקוד חומר הסימון נבדק במרווחים ידועים מראש.

תקן EN 1824 הנו ביצוע ניסוי שטח – ביצוע ניסוי בדרך פעילה, כאשר חומר הסימון מיושם לרוחב הכביש ותפקודו נבחן כפונקציה של התנועה העוברת עליו.

סקירה מלאה של התקנים ניתן למצוא במסמך **"הנחיות לבחירה והשמה של חומרים תקינים לסימון דרכים"** הכולל הרחבה של משמעות הבדיקות בתקינה והנחיות ליישם של חומרי סימון רגילים המיושמים לפי לוח התמורים.

כדי להבין איזו תקינה אמורה לחול על החומרים השונים יש להבין תחילה את שיטת היישום שלהם ואת זה ניתן לבצע עלי ידי חלוקה פונקציונאלית. את חומרי ההגוונה ניתן לחלק לפי מספר חלוקות תפקודיות. ניתן להבדיל בין חומרים שמבוססים על עקרונות של חומרי סימון, חומרים המבוססים על עקרונות של סלילה (תכן תערובות אספלטיות וסלילה) וחומרי ציפוי מבוססים על הדבקה של אגרגטים למיסעה לצורך הקניית גוון ושיפור החיכוך.

ב.2.1 משטחים אדומים להבלטת נתיבי תחבורה ציבוריים אלו מחולקים ל-2

קטגוריות:

א. משטחים צבעוניים להגוונת פני הדרך בלבד. חומרים אלו בדומה לחומרי סימון מסמנים את תוואי הנסיעה או המסר המבוקש כאשר הם נדרשים לא לפגוע במקדמי החיכוך ולהבטיח קיים נאות (בהתאם להגדרות ודרישות רשויות התמרון).

ב. משטחים שייעודם במקור הנו שיפור החיכוך ומשנים את הטקסטורה של המיסעה. משטחים אלו מיועדים לרוב ליישום בנקודות תורפה ברשת המזוהות על ידי רשויות תמרון (כגון גישות לצמתים עם ריבוי תאונות, עקומים אופקיים המייצרים חוסר עקביות ועוד...), ותכליתם הנה העלאת מקדמי החיכוך לערכים גבוהים יותר מפני מיסעה רגילים, תוך הבלטת אזור הסיכון בגוון מיסעה שונה.

ב.2.2 הקניית הגוון לחומרי ההגוונה מתקבלת באמצעות מספר שיטות:

א. אגרגטים ממקור טבעי. לרוב גרניט אדומה.

אגרגטים אלו משמשים לצורך הכנת תערובות אספלטיות או ציפויים דקים על פני הדרך. במקרים אלו נעשה שימוש בביטומן "שקוף" במטרה לשמר את גוון האגרגט בתערובת הסופית. שימוש באגרגט אדום טבעי ניתן לבצע גם על ידי ציפוי chip seal אבל שיטה זו אינה נהוגה בהרחבה בעולם שכן תקופת השרות של שכבות אלו קצר יחסית ועומד על 1-2 שנים על להתחלת התקלפות השכבה. יש לציין כי גרניט בצבע אדום קיים באזור הרי אילת כמשאב טבעי אבל הגוון אינו מאפשר יצירת תערובות אספלטיות בעלות חזות בולטת של הגוון האדום וניסיונות שנעשו בארץ הסתיימו בייבוא אגרגטים טבעיים מחו"ל. ניסויים לייצור תערובות אספלטיות בעלות גוון אדום נוהלו בארץ על ידי חברת "יפה נוף" באמצעות אינג' יהודה זיס.

ב. אגרגט ממקור מלאכותי שעבר טיפול (לרוב calcined bauxites). אגרגטים אלו מאופיינים על ידי מקדם חיכוך גבוהה מאוד. מקור האגרגטים כפסולת בתעשיית הפקת אלומיניום.

ג. חומרים להגוונה (לרוב בספרות מוזכרים חומרים דו-רכיביים וציפוי MMA – methylmethacrylate). קיים שימוש מקומי גם בחומרים חד-רכיביים אך שימושים אלו מוגבלים מבחינת תקופת השרות ורמות החשיפה לתנועה שהם יכולים לעמוד בהם.

מהסקירה הספרותית לתקינה ולמפרטים הנוגעים לנושא, גוון של חומר אדום הוגדר בתחום של ארבעה קואורדינטות כרומטיות הן בתקינה הישראלית (ת"י 1871) והן במפרט האוסטרלי (ראו טבלה ב.1). המפרט האוסטרלי הגדיר תחום של קואורדינטות כרומטיות לצורך קבלה של החומר וגם לצורך אחזקה. במפרט האמריקאי הייתה התייחסות לנקודה כרומטית אחת של הגוון האדום. הקואורדינטות הכרומטיות של הגוון האדום של חברת אספלט פרינט אשר יושם בארץ בנתיבי תחבורה ציבורית היה בתחום של הגוון האדום המוגדר בתקינה הישראלית.

ציור ב.3 מציג את גווני האדום השונים בדיאגרמת הצבעים.

ב.3 הנחיות ומפרטים

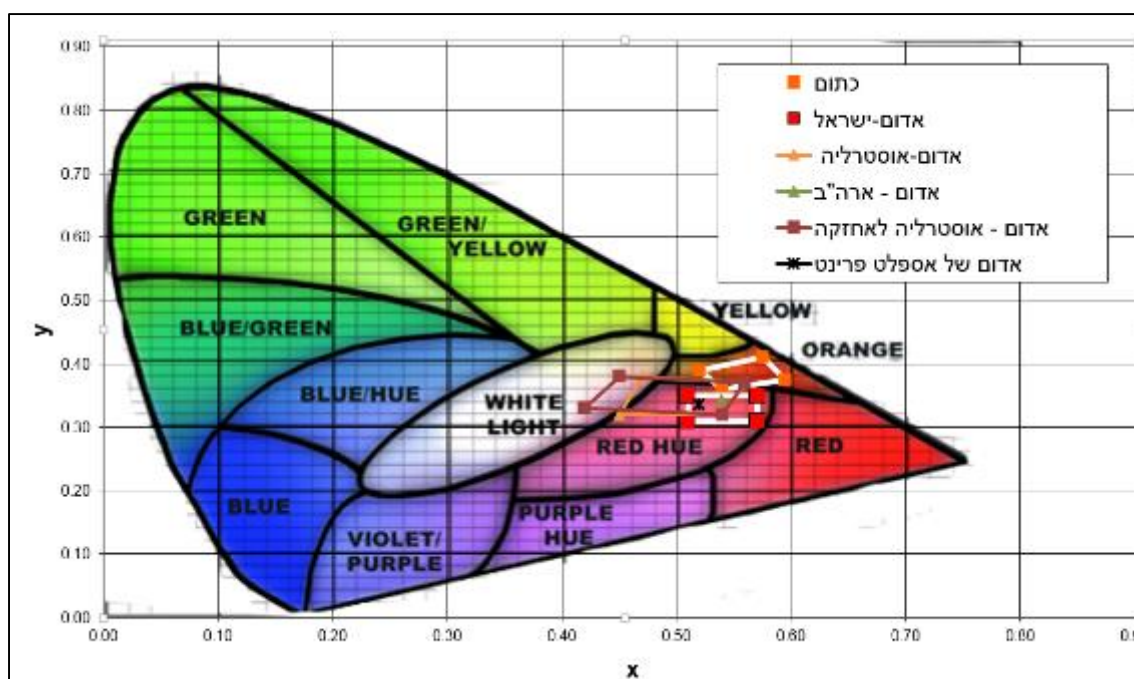
לא אותרו בספרות מסמכי תקינה שנכתבו עבור חומרי הגוונה האדומים וההבנה שהשתרשה הנה כי התקינה הרלוונטית לחומרים אלו הנה בעיקרה תקינה שעניינה חומרי סימון וטכנולוגיות סלילה. עיקר היישומים שאותרו בספרות (הנחיות ומפרטים) מבוססים על חומרים פלסטיים קרים (דו-רכיביים).

ניתן לראות מהספרות, שקיים דמיון בין הדרישות מחומרי הגוונה למיניהם לדרישות של חומרי סימון הן מבחינת הבדיקות הכימיות והפיסיקאליות והן מבחינת הדרישות לתפקוד לאורך זמן.

להלן מספר מפרטים מהספרות העולמית המתייחסים לחומרי הגוונה:

טבלה ב.1: קואורדינטות כרומטיות של גוני האדום השונים

y	x	מקום היישוב
0.31	0.51	אדום בהתאם ל-ת"י 1871
0.31	0.57	
0.35	0.57	
0.35	0.51	
0.32	0.45	אדום בהתאם למפרט האוסטרלי
0.38	0.47	
0.37	0.56	
0.32	0.54	
0.33	0.42	אדום בהתאם למפרט האוסטרלי (לאחזקה)
0.38	0.45	
0.37	0.56	אדום של ארה"ב
0.32	0.54	
0.3442	0.5393	
0.33692	0.51954	אדום של חברת אספלט פרינט



ציור ב.3: גוני האדום בדיאגרמת הצבעים

מקדם הבהיקות של חומר הגוונה אדום לא נמצא בספרות בצורה מפורשת. האזכורים היחידים שנמצאו בספרות הנם במסמך של רשות התחבורה הפדראלית בארה"ב (FHWA) ותקן ספרדי UNE 48073-22 אשר מוזכר בתקן UNE 135200. התקן עוסק בבדיקת צבעים ובוטל עם אישור תקן EN-1436. יש לציין כי חלק מחומרי ההגוונה האדומים נבחנו גם כיום לפי התקן UNE 48073-2 ואותרו במרשתת מספר חומרי הגוונה עם תעודות בדיקה שנערכו בשנת 2016 לפי תקן זה. יש לציין כי מקדם הבהיקות במבחנים אלו נמצא על ערך 0.14 לאחר P7 מחזורי גלגל, ערך שחיזק את הצורך לעדכן את תחום מקדם הבהיקות אל מול הנקוב בתקן ישראלי 1871.

ערך מקדם הבהיקות שמוצע במסגרת מפרט זה מעדכן את ערך מקדם הבהיקות לצבע אדום בת"י 1871 ומציע תחום רחב החופף את תחום מקדם הבהיקות בארה"ב ובאירופה. הערך של התקינה האירופאית המבוטלת מאפשר בחינה ואישור של חומרי סימון והגוונה ללא צורך בשינויי גוון והתאמה מיוחדת לשוק המקומי אשר הנו קטן באופן משמעותי ביחס לאירופה, ויכול היה להוות חסם בתהליך הבדיקה ואישור של חומרי הגוונה לשימוש בתנאים מקומיים.

טבלה ב-2 א': מקדם בהיקות במפרט FHWA לחומרי סימון

[Federal Register: July 31, 2002 (Volume 67, Number 147)]

Traffic Control Devices on Federal-Aid and Other Streets and Highways; Color Specifications for Retroreflective Sign and Pavement Marking Materials

Table 5a to Part 655, Subpart F--Daytime Luminance Factors (%) for Retroreflective Pavement Marking Material With CIE 2 deg. Standard Observer and 45/0 (0/45) Geometry and CIE Standard Illuminant D65.

Color	Luminance Factor (Y%)	
	Minimum	Maximum
White.....	35	
Yellow.....	25	
Red.....	6	15
Blue.....	5	14

טבלה ב-2 ב': מקדם בהיקות בתקינה אירופאית (ספרדית)

3. Luminance factor	UNE 48073-2	$0,12 \leq \beta \leq 0,22$
---------------------	-------------	-----------------------------

ב.3.1 אנגליה, מפרט לבדיקה והערכה של חומרי הגוונה לנתיבי תחבורה

Guidelines Document for the Assessment and Certification of Coloured Surface Treatments for Highways, 9th May 2005 (Draft 1.7)

מסמך זה שנערך על ידי גוף ההתעדה וההסמכה הבריטי (British Board of Agreement) BBA הנו המסמך הסוקר את תהליך הבדיקה וההערכה של חומרי ציפוי לכבישים. מסמך זה נבדל ממסך שעניינו משטחים משופרי חיכוך והוא נוגע רק לתהליכי הבדיקה, הערכה ואישור של חומרי ציפוי צבעוניים לכבישים.

זהו מפרט שכולל:

- א. תיאור תהליך ההערכה והאישור.
- ב. תהליך קבלת מסמכים ומידע על ידי מגיש הבקשה
- ג. הגדרה של תהליכי אפיון וסיווג החומרים
- ד. הגדרות וראשי תיבות/ קיצורים
- ה. רשימת בדיקות מעבדה ותהליכי בדיקה
- ו. אפיון של דרישות משטחי בדיקה (קוביות אספלט)
- ז. תיאור תהליך בדיקת שחיקה במעבדה (MAAV testing). הבדיקה מתבצעת בהתאם לתקן BS EN 1097-8/1998.
- ח. שיטת הערכה וויזואלית של מבדקי שדה
- ט. טפסי הערכה ודיווח

מפרט זה הנו למעשה המסמך המקצועי היסודי והרחב ביותר שמתאים להוות למעשה את הבסיס למפרט לבדיקה ואישור של חומרי הגוונה להבלטת נתיבי תחבורה ציבוריים.

המסמך כולל פירוט נרחב של מסמכי הדרישות המנהליות (תהליכי ההתעדה) ומסמכי הדרישות התפקודיות (בדיקות מעבדה ושדה).

תהליכי אישור מוצר על ידי רשויות דרך בארץ נסמך לעתים קרובות על שיטות בדיקה מקובלות בעולם כאשר תהליכי הבדיקה לפי BBA נחשבים לתהליכים מחמירים מאוד והנם לרוב אינדיקציה טובה לאיכות החומרים המתאשרים לשימוש על ידי גוף זה. יחד עם זאת, מודגש כי תהליכי בדיקה הנערכים בחו"ל או שיטות מוכחות ומקובלות על ידי רשויות דרך בחו"ל לא אחת הוכחו כלא מתאימות בתנאי הארץ אם בכלל אי התאמה של כוח האדם וחוסר ידע טכני, אם בגלל תנאי יישום ושרות, העדר טכנולוגיה או ציוד משלים להטמעה ועוד.

מסמך הבקשה לקבלת אישור של BBA כולל:

ב.3.1.1 מסמכים המעידים על איכות החומר

- א. מידע על הספק ומידע היסטורי על ההתקן / חומר מבוקש לאישור
ב. פרטים על תהליכי הייצור כולל תהליכי בקרה, סטיות מותרות גם במפעל היצרן של החומר וגם בזמן היישום. למשל מבוקש מידע על:

- (1) חומר הדבקה (פריימר המבטיח הדבקות החומר המיושם למצע): סוג, מקור, מאפיינים
- (2) אגרגטים: סוג, מקור מינרלי או תעשייתי, מאפיינים תפקודיים כמו למשל שחיקות LA וכו'.
- (3) פיגמנטים: סוג פיגמנט, מקור, מאפיינים, גוונים (קואורדינטות כרומטיות).
- (4) תוספים לחומר המיושם: סוג, כמות ואופן היישום.
- (5) המתכונת המלאה של החומר: עובי, הרכבה, וכו'.

ב.3.1.2 מסמכים המעידים על מבנה בקרת איכות במפעל היצרן:

- א. מבנה ארגוני במפעל הייצור
ב. תהליכי עבודה ואחראיים
ג. תהליכים ומשאבים של אבטחת איכות במפעל

ב.3.1.3 מסמכים המעידים על תהליכי ההתקנה:

- א. הגבלות שעניין משטח היישום (טמפרטורה, לחות, מרקם, דרגת שחיקות פני אגרגטים וכדומה)
ב. הגבלות שעניין מזג אוויר (טמפרטורה אוויר, לחות יחסית, לחות כלואה במשטח עליו מיישמים, ממטרים קרובים או סמוכים למועד היישום)
ג. תהליכי הכנה למשטח עליו מיושם החומר (למשל ניקיון וייבוש)
ד. תיאור תהליך ההתקנה כולל ציוד, קצב, עובי שכבות וכדומה
ה. הנחיות לאחזקה ותיקון סימונים לקויים
ו. תהליכי בקרת איכות ובקרה וויזואלית באתר

בתהליך הבדיקה גוף ה-BBA עורך בדיקה של מסמכים נוספים שעניינם כאמור גם תהליכי בקרת האיכות במפעל המייצר את החומרים בעיקר בדיקות מעבדה ובדיקות שטח.

בדיקות המעבדה הנערכות על ידי המכון נעשות בתאום עם היצרן כפי שמופיע בנספח A של המפרט (ראו ציור ב.4). עיקרי הבדיקות מחולקות לפי סוג החומר ולתכונות האגרגטים.

APPENDIX A

Typical characterisation tests

Thermoplastic hot-melt systems

The tests for these systems may include:

(a) Infra-red	IR Spectroscopy
(b) Softening Point (R&B)	BS 2000-58: 1993 or BS EN 1258: 1999
(c) Density	BS 2782-6: Method 620A: 1991 (1996)
(d) Ash content	BS EN ISO 3451-5: 1997
(e) Flow resistance	BS 2499-3: 1993
(f) Tensile strength/elongation (briquette)	BS 6319-7: 1985
(g) Effects of prolonged heating/overheating	
Tensile strength/elongation (briquette)	
Softening point	
Flow resistance	

These tests shall be carried out on the binder component supplied by the manufacturer without the aggregate and any filler.

Chemically curing systems

These systems include two or more components which are mixed prior to installation and cure by chemical reaction. The aggregate is scattered over the surface of the applied resin before it has set. Currently this category includes epoxy, polyurethane and acrylic systems. The tests for these systems may include:

Tests on the individual uncured resin components

(a) Infra-red	IR Spectroscopy
(b) Density	BS 3900-A19: 1998
(c) Viscosity	BS 5350-B8: 1990 (1997)
(d) Ash content	BS EN ISO 3451-5: 1997

Cure tests (to cover the claimed application temperature range)

- (a) Pot life (hand mixed grades only)
- (b) Set time (time after application at which the aggregate can not be applied)
- (c) Trafficking time

Tests on cured resin (free film)

Tensile strength/elongation	BS EN ISO 527-1&3: 1996
Un-aged	
Heat aged at 70°C for 28 days	

Tests on the aggregate

The following tests shall be carried out to characterise the aggregate. The applicant shall be required to supply evidence that the tests have been carried out. This shall include a certificate of conformity and quality control data.

(a) Size distribution	BS EN 933-1: 1997
(b) Polished stone value (PSV)	BS EN 1097-8: 2000 (except that the PSV shall be determined on the size of aggregate as supplied for use).
(c) Aggregate abrasion value (AAV)	BS EN 1097-8: 2000 (except that the AAV shall be determined on the size of aggregate as supplied for use).

ציור ב.4: בדיקות מעבדתיות בהתאם למפרט ה-BBA

ב.2.3. אנגליה, מפרט אבטחת איכות – מחוז אוקספורדשייר

Guidance on Coloured Surfacing, Annex 4

<https://www.oxfordshire.gov.uk/cms/sites/default/files/folders/documents/roadsandtransport/transportpoliciesandplans/highwaymanagementpolicy/hmpmannex4.pdf>

מסמך זה הוא מסמך הנחיות ליישום של משטחים צבעוניים. המסמך נוגע הן למיקום היישום והן לסוג החומרים בדגש על חומרי ציפוי המבוססים על אגרגטים.

המסמך מנחה לעשות שימוש במשטחים אדומים לנתיבי תחבורה ציבורית, בכניסה ליישובים ולסימון אזהרה של נקודות תורפה או אפילו במעברי חצייה. ההנחיות נוגעות ומפרטות גם יישום של צבע ירוק לשבילי אופניים.

המסמך מעלה נקודה חשובה. בניגוד למשטחים משופרי חיכוך למשטחים צבעוניים אין בהכרח עלייה במקדם החיכוך. במחוזות מסוימים דווח על תאונות בהם נהגים הניחו באופן שגוי, שלציפוי כביש בצבע אדום, קיימות אותן תכונות כפי שיש למשטחים משופרי חיכוך להם ציפי של חומרים מונעי החלקה ושימוש באותם גוונים של אדום.

המסמך נוגע לתהליך בחירת האגרגטים הן לעניין הגוונים אבל גם למספר היבטים נוספים כגון:

א. מקור האגרגט

ב. הצבע

ג. דירוג נומינלי

ד. PSV נומינלי – מקדם ליטוש מואץ נומינלי

ה. AAV נומינלי (Aggregate Abrasion Value)

ו. אינדקס שינוי צבע כולל

ז. עמידות לשחיקה

ח. עמידות לקרצוף וגירוד

ט. עמידות לריסוס מלח

מבחינת מקורות האגרגטים המסמך מעלה כי בעבר, אבקת בוקסיט סינית (chinese calcinated bauxite) שנצבעה לאדום, שמשה בדרגות הצלחה שונות, לצורכי הסדרת נתיבי תנועה ותחבורה ציבורית. המסמך מעלה כי צבע האדום הינו הצבע הרגיש ביותר לקרינה אולטרה סגולה ולשחיקה, והוא נוטה לדהות עם הזמן.

עוד עולה מהמסמך כי קיים שימוש בגרניט אדומה טבעית, אשר עוברת טיפול פיגמנטציה מלאכותי, (לדוגמא: נתיב האוטובוסים באבינגדון) ואז הצבע נשאר יציב באופן סביר.

לפי המסמך מומלץ לעשות שימוש באחד משני סוגי הגרניט הצבועה באופן טבעי:

1. גרניט אדומה הרדן (harden red granite)

2. גרניט קלוברן (cloburn granite)

בסוגי גרניט אילו ובכלל מומלץ במסמך לעשות שימוש רק כאשר מקדם הליטוש המואץ המבוקש הינו 55 או פחות ($PSV \leq 55$). במקומות בהם נדרש מקדם ליטוש מואץ גבוה יותר (דוגמת: גישה למעגלי תנועה, סימני תנועה על גבי הכביש, מעברי חצייה על נתיבי תחבורה ציבורית) יש לשקול שימוש באבקת בוקסיט סינית (Chinese calcinated bauxite) צבועה המומלצת במצבים אלו.

במידה ונדרש חיזוק הצבע של הגרניט הצבועה הטבעית, או צביעה של אבקת הבוקסיט הסינית. (Chinese calcinated bauxite) גווני האדום המומלצים על ידי האנגלים הם לפי קשת צבעים ולא לפי קואורדינטות (ראו טבלה ב.2).

טבלה ב.2: גווני אדום מומלצים בהתאם למפרט האנגלי

צבע 445	אדום ונציאני (venetian red)	גרניט/אבקת בוקסיט
צבע 564	אדום בוהק (bold red)	אבקת בוקסיט
צבע 538	אדום דובדבן (cherry red)	אבקת בוקסיט

גודל האגרגט המומלץ לנתיבי תחבורה ציבורית לפי מסמך זה הנו בטווח 2 עד 5 מ"מ.

ערכי מקדם הליטוש המואץ (PSV) המינימאליים עבור האגרגטים שהומלצו במסמך עומדים על ערך 55 PSV.

עבור נתיבי תחבורה ציבורית הגרניט האדומה המומלצת הינה **גרניט אדומה הרדן** ואולם, כאשר יש דרישה למקדם ליטוש מואץ גבוה יותר (דוגמת גישה למעגלי תנועה, סימני תנועה על גבי הכביש, מעברי חצייה על נתיבי תחבורה ציבורית) אזי מומלץ לעשות שימוש באבקת הבוקסיט הסינית הצבועה בצבע בעל אותם מאפיינים (ערכי מקדם הליטוש המואץ צריכים לנוע בין 63-70 כפונקציה של נפח תנועת הרכבים המסחריים לנתיב ביום).

נקודה מעניינת הנה בחינת החומרים לא רק לעמידות בשחיקה (בדיקת AAV, ניתן למצוא פירוט במסמך המלא) אבל גם התייחסות לעמידות החומרים בקרינת UV. המפרט מגדיר **אינדקס שינוי גוון כולל – ΔE** כאשר אינדקס זה מהווה מדד לפגיעת הגוון מקרינה אולטרה סגולה ומשחיקת תנועת כלי רכב. ככלל, ככל שערך האינדקס גבוה יותר כך שינוי הגוון הכולל גדול יותר. לפיכך אינדקס שינוי הגוון הכולל המומלץ לסוגי האגרגטים השונים, לא יעלה על הערכים המפורטים להלן, לאחר 2000 שעות בדיקה** (ראו טבלה ב.3).

טבלה ב.3: דרישה של אינדקס שינוי הגוון בהתאם למפרט האנגלי

סוג גוון			ΔE מקסימאלי
(1)	צבע 445	אדום ונציאני (venetian red)	7.3
(2)	צבע 564	אדום בוהק (bold red)	7.5
(3)	צבע 538	אדום דובדבן (cherry red)	7.4
(4)	צבע 262	ירוק בוהק (bold green)	14.7

** על מנת לאשר נתונים אלו על האגרנט לעבור הערכה של מכון התקנים הבריטי
(BBA-British Board of Agreement) לעמידות בפני קרינת UV-A

בדיקת עמידות בבליה מואצת עקב חשיפה לקרינה אולטרה סגולה מבוצעת לפי תקן ASTM G53-96 על ידי מחזורי חשיפה של האגרנט לקרינת UV-A ולתהליך עיבוי: כל מחזור מורכב מ-4 שעות של קרינת UV-A ב-45°C ולאחר מכן 5 שעות של תהליך עיבוי ב-50°C. סה"כ יש לעמוד ב-2000 שעות תוך שימוש במכשיר-QUV weatherometer.

עמידות הגוון של האגרנט נקבעת ע"י מדידות הגוון באמצעות ספקטרופוטומטר תוך שימוש בשיטת CIE LAB.

המפרט מנחה גם לבדיקה של עמידות לשחיקה כאשר מדובר בבדיקה המדמה שחיקה ארוכת טווח הנגרמת כתוצאה מתנועת כלי רכב לאחר 100,000 מעברי גלגלים על גבי המשטח. ערכי המטרה המומלצים למדד שחיקה מוצגים בטבלה ב.4.

טבלה ב.4: דרישות מחומר ההגוונה לאחר מעבר של 100,000 כ"ר בהתאם למפרט האנגלי

אינדקס שחיקה (erosion index)	0 (כאשר 0 הטוב ביותר, 30 הגרוע ביותר)
עומק המרקם הסופי (final texture depth)	< 1 מ"מ
ערך מינימאלי להתנגדות להחלקה (minimum skid resistance value)	65
ערך מקסימאלי לאינדקס שינוי צבע כולל (maximum overall colour change index)	13.0

בדיקות נוספות שמפורטות במפרט הן עמידות לקרצוף וגירוד, עמידות לריסוס מלח ועוד. את הפירוט המלא ניתן למצוא בדוח המתורגם לעברית של מסמך הנחיות/מפרט זה.

מסמך זה נוגע גם בחשיבות אחזקת משטחים צבועים ו מוצרים לחידוש משטחים צבועים.

אחת מהנקודות הנסקרות בהרחבה במסמך זה הנם חומרים מקשרים (אותם מיישמים עם האגרגטים). לפי המסמך, ניתן לעשות שימוש במגוון רחב של חומרים מקשרים הכוללים בין היתר מקשרים תרמופלסטיים ותרמופלסטיים.

קיימים 4 סוגי חומרים מקשרים בהם ניתן לעשות שימוש:

1. שרף אפוקסי (epoxy resin extended binder)
2. פוליאוריתאן (polyurethane binder)
3. חומר מקשר אקרילי (acrylic binder)
4. חומר מקשר תרמופלסטי (thermoplastic rosin ester binder)

לסיכום, המסמך בעיקרו הנו מסמך אבטחת איכות והוא מגדיר סדרה של בדיקות ומסמכי קבלה עבור חומרים המיועדים להגוונת פני הדרך.

ב.3.2 מפרט אבטחת איכות – ניו ווילס, אוסטרליה

Roads and Maritime Services (RMS) QA Specification R110, Coloured Surface Coatings for Bus Lanes and Cycleways, 2nd Ed., Revision 1, March 2011

מפרט R110 הינו מפרט בקרת איכות. מפרט R110 דורש ממנהל הפרויקט לבחור פרמטרים מתאימים המזוהים עם המפרט. יש לציין כי המסמך הנו גם מפרט דרישות תפקודיות כאשר במהות הוא מסמך מרכזי המגדיר תהליכי עבודה ותהליכי בקרת איכות מנהליים ומעבדתיים.

לפי הוראות המפרט, אין לישים ציפויים צבעוניים על מספר משטחים כדוגמת:

1. כיסויי בורות שירות ומסגרותיהם
2. פירי ניקוז ומסגרותיהם
3. מעברים להולכי רגל
4. צמתים
5. במערכות בקרת תנועה (בדרך כלל נמצאים בצומת מרומזרת)
6. לשם סימון קווי ניתוב linemarking
7. סימון מדרכות מוגבהות

לפי הוראות המפרט עולות מספר נקודות לבחינה במהלך אישור מוצרים:

- א. חלק מהציפויים יתאימו ליישום על גבי משטחי אספלט חדשים, בעוד שיישומם של אחרים, ידרוש כי תתבצע תנועת כלי רכב במשך 6 שבועות קודם לביצוע היישום על גבי משטח האספלט.
- ב. מוצרים מסוימים עלולים להכיל מרכיבים אשר עלולים להיות מסוכנים בסביבה מימית.
- ג. גודל נומינלי של אגרגטים: ביישום באמצעות התזה, הגודל הנומינלי של האגרגטים משפיע על עובי שכבת החומר המקשר שיש ליישם על גבי המשטח המטופל. ככלל, עבור ציפויים צבעוניים למשטחים הנדרשים לעמוד בעומסי תנועה כבדים דרושה שכבה עבה יותר מזו הנדרשת לאלו

העומדים בעומסי תנועה קלים. ככל שהשכבה עבה יותר היא בעלת קשרים חזקים יותר, רק בגלל העובדה שהיא מכילה כמות גדולה יותר של חומר. הגודל הנומינלי המרבי עבור נתיבי תחבורה ציבורית הינו 3.0 מ"מ.

ד. חומרים מקשרים בעלי פגמנטי צבע: על החומר המקשר להיות מסוג שרף תרמוסטי, בעל פיגמנט המתאים בכדי לספק את עומק הצבע הדרוש לציפוי פני השטח, תוך עמידה בתנאי תקן הצבע האוסטרליים. עד אשר לא מבוצעים ניסויי שטח נוספים, ותחת הנחיות מפרט זה, סוגי החומרים המקשרים בהם המפרט נותן לעשות שימוש הינם חומרים מקשרים תרמוסטים (על בסיס שרף אפוקסי, אוריתאן (urethane) אקרילים ומתיל-מתאקרילט). עבור מרבית החומרים המקשרים נדרש ערבוב של שני רכיבים על מנת לקצר את זמני הקשחתם ולהופכם לחומר חיפוי עמיד ועביר לתנועת כלי רכב. הליך הערבוב צריך להתבצע ע"י ערבוב מכאני במהירות התואמת את ערבוב הרכיבים. בחלק מהמקרים הערבוב המכאני מתרחש כחלק אינטגרלי מהליך היישום הכולל.

מפרט זה נוגע בהרחבה בהכנת פני השטח:

על מנת למקסם את הדבקות הציפוי הצבעוני למשטחים יש לשים לב לנושאים הבאים:

- א. הימצאותם של עודפי שמן וחומרים מזהמים אחרים על גבי פני השטח המיועדים לציפוי יפחיתו מיכולת הידבקותו של הציפוי. לפיכך, יש לבצע ניקוי והסרה של מזהמים אלו מפני השטח טרם יישום הציפוי למשטחים צבעוניים.
- ב. הבדלים במידת הקשיחות בין הציפוי לבין שכבת האספלט הבסיסית עלולים להשפיע גם כן באופן שלילי על מידת ההידבקות של הציפוי לפני השטח.
- ג. תכונות תרמיות שונות של הציפוי ושל פני השטח יכולות אף הן להשפיע לרעה על מידת הידבקותו של הציפוי.
- ד. יכולת הידבקותו של הציפוי פוחתת כאשר מדובר באספלט פגום או משטחים משוננים / מחורצים. מהבנת המסמך ניתן להבין כי היה נסיון ביישום חומרים אלו על משטחים אספלטיים לא תקינים (נזקים בפני השכבה) אבל יישום כזה אינו מומלץ.
- ה. קיימות הוכחות כי מים על גבי פני השטח הנם גורם משמעותי המוביל להפרדות שכבות הציפוי והמשטח. המנגנון באמצעותו המים גורמים לכישלון עדיין אינו ברור, אולם יש לוודא כי בטרם יישום הציפוי למשטחים צבעוניים, פני השטח ינוקזו היטב ויהיו יבשים. סימוני כביש על בסיס תרמופלסטי, חומר פלסטי קר (אפוקסי), וסימני צבע יוסרו או יכסו אף הם בטרם יישום הציפוי למשטחים צבעוניים. אין התייחסות במפרט זה לעובי מרבי של סימוני דרך קודמים ליישום חומרי ההגוונה וניתן להבין כי חומרי סימון ארוכי קיים בעלי עובי יישום או טקסטורה / פרופיל מוגבה מסימוני דרך קונבנציונאליים – פוגמים ביישום חומרי ההגוונה – קרי, רצוי ליישם את חומרי ההגוונה על פני מיסעה נקיים מסימונים קודמים. לאור עליות גבוהות צפויות של חומרי ההגוונה, ככול הנראה שתנאי זה יתקיים לרוב שכן הם יהיו מיושמים על נתיבי תחבורה לקראת פתיחתם לתנועה.

ו. המסמך מפנה לתשומת לב מבחינת התאמת התערובות האספלטיות ככול הנראה תוך הפניה לתערובות סגורות שאינן מנקזות בשכבה.

ז. המלצה נוספת היא כי אין לבצע מעל ציפויים מעל מערכות לבקרת תנועה (הכוונה כאן ללולאות וגלאים).

ח. קיימות עדויות מסוימות כי כל נושא ההפרדות לשכבות מתרחש פחות כאשר מדובר באספלט חדש. יש לבצע תנועת כלי רכב על גבי משטח האספלט בין 4 ל-6 שבועות טרם יישום הציפוי למשטחים צבעוניים. תנועת כלי הרכב בתקופה זו מאפשרת את סגירתם של חללים בפני השטח לפי הנסח של המסמך. מהידע בארץ אנו יודעים שבפרק זה המיסעה מתנקה מעודפי ביטומן וייתכן כי זו הסיבה להדבקות טובה יותר של המשטחים הצבעוניים בשל המגע הנקי עם האגרגטים.

בתהליכי הבקרה בעת יישום בשטח המפרט מדגיש טמפרטורת פני השטח ותנאי מזג האוויר ליישום. מדידת הטמפרטורה הפשוטה ביותר תתבצע ע"י הצמדת התקן חשמלי למדידת טמפרטורה כנגד פני השטח על גבי חתיכת גומי מוקצף או פוליאסטר עליו יש לעמוד למשך דקה אחת. שיטות מדידה אחרות כוללות שימוש במדי חום ומצלמות אינפרא-אדום. במסמך המפרט לא הודגשו מגבלות מיוחדות לעניין תנאי טמפרטורה ולחות אך בדיקות אלו שכיחות גם בארץ בכל יישום של חומרי סימון (בדיקת נקודת טל) וביישום של תערובות אספלטיות (טמפרטורת סביבה ועוצמות רוח).

מאפייני חיכוך: מאחר וציפוי למשטחים צבעוניים אינו מיושם ברוחב מלא של כביש וכל שינוי רוחבי פתאומי של מקדם החיכוך צריך להיות מזערי, רצוי להשתמש בחומרים בעלי מאפייני חיכוך דומים ככל שניתן למשטח שסביבם. בנקודה זו עולה כי המשטחים הצבעוניים בדומה לארץ אינם מיושמים ברוחב מלא ובנקודה כזו עדיין יש לשמור על פער חיכוך סביר בין נתיב תנועת הגלגל למקום הסימון.

המסמך מדגיש כי בנוסף לערך החיכוך המינימאלי של האגרגט המלוטש, יכולת מניעת החלקה של פני השטח הסופיים מושפעת ממאפייני הטקסטורה הן של הציפוי המיושם והן של המשטח שסביבו. יש לציין כי באוסטרליה וניו-זילנד נעשה שימוש במכשירים למדידת חיכוך לפי "מדריך למדידה ולפרשנות התנגדות להחלקה תוך שימוש ב-SCRIM" של חברת Vicroads / RMS. בכפוף לדרישות המדריך שצוין לעיל, המסמך ממליץ כי ערך החיכוך המדוד המינימאלי (SRV) עבור יישומים רגילים, יעמוד על 55 כפי שהוגדר בנספח R110/A במפרט זה, ועל 65 עבור יישומים עם סיכון גבוה להחלקה.

לעניין הנחיות אחזקה ויישום לקוי במקרים של התפוררות והפרדות לשכבות המסמך מנחה כי במקרה וחלה הפרדות לשכבות או התפוררות יש להסיר לחלוטין את הציפוי הצבעוני מהאזור הפגום לפני ביצוע עבודת תיקון כלשהי.

התפוררות מוגדרת במסמך כאיבוד אגרגטים מפני השטח או כאלו שהיו דבוקים לחומר המקשר. אין לבלבל בין תופעה זו לתופעה של איבוד אגרגטים בעודף מפני השטח לאחר שמבוצעת עליו תנועת כלי רכב.

הפרדות לשכבות הינה העדר יכולתו של המשטח הצבעוני להדבק לפני השטח על גביהם הוא אמור להיות מיושם.

גוון: המסמך עושה תחימת מרחב הגוון. ע"י שלושה גוונים של אדום (מהם שלושת הגוונים של האדום) עבור נתיבי תחבורה ציבורית. יחד עם זאת המסמך מנחה כי הגוון הרצוי במקרה בו מנהל הפרויקט מגביל את הגוון לגוון אחד זה יהיה:
עבור אדום Venetian Red R62 – אדום ונציאני;
מבחינת אפיון חומרי הציפוי המסמך נוגע להגדרות רחבות כאשר בין העיקריות מציין כמה:

ב.1.2.3 אגרגטים

א. כללי

על האגרגט להיות נקי, יבש, קשיח, עמיד, בעל גרגרים בחדות מתונה או של אבן טבעית או של חומר סינטטי, באיכות אחידה, הנקי מאבק, לכלוך או כל חומר מזהם אחר.
במקרים בהם נעשה שימוש בחומר מקשר רגיש ללחות דוגמת אוריתנים, על האגרגט להיות יבש ותחת כיסוי לאורך כל הליך האחסנה וההובלה, אלא אם הוגדר אחרת ב"תכנית בקרת האיכות" של הפרויקט.

ב. גודל נומינלי

על האגרגט להיות בעל גודל נומינלי אחיד של 3 מ"מ.
דירוג האגרגט יעמוד על מינימום 95% הנשמרים בסיון דרך מסננת של 3.35 מ"מ, ומקסימום 5% העוברים דרך מסננת של 1.18 מ"מ.

ג. גוון האגרגט

גוון האגרגט הנבחר עבור נתיבי תחבורה ציבורית, צריך להתאים בקירוב (AS/NZS1580.601.1) לאחד מצבעי האדום המופעים בתקן האוסטרלי AS 2700S
הצבע הנבחר עבור נתיבי תחבורה ציבורית, צריך להתאים בקירוב לאחד מצבעי האדום הסטנדרטיים, המופעים בתקן האוסטרלי AS 2700S כפי שאלו מפורטים להלן:

R62 – אדום ונציאני (venetian red)

R54 – אדום פטל (raspberry)

R53 – אדום מסטיק (redgum)

צבע פני המשטח חייב להיות בתוך מרחב הצבע המלבני הנקבע באמצעות קואורדינטות כרומטיות הבאות (x,y) CIE:

(א) הצבע האדום המקורי, חייב להיות מוגדר בתוך תחום של הקואורדינטות הבאות המגדירות את תחום הגוון בעת קבלתם (בהיותם במצב חדש) כלהלן:

(0.47, 0.38) (0.56, 0.37) (0.45, 0.32) (0.54, 0.32)

(ב) לאורך תקופת השירות של החומר, הקואורדינטות הכרומיטיות של הגוון צריכים להישאר בתחום הבא:

(0.45, 0.38) (0.56, 0.37) (0.42, 0.33) (0.54, 0.32)

(ג) ערכי מקדם Y (בהירות או החזרה) צריכים להיות בתחום הנע בין 15-6

(ד) הגוון הירוק המקורי חייב להיות מוגדר בתוך מרחב הצבע הטרפזי המשוער, בעל הקואורדינטות הבאות:

(0.32, 0.50) (0.33, 0.38) (0.30, 0.36) (0.19, 0.41)

(ה) במהלך ועם סיומה של תקופת התחזוקה, על ערכי הצבע הירוק להיות מוגדרים בתוך המרחב בעל הקואורדינטות הבאות:

(0.32, 0.50) (0.33, 0.38) (0.30, 0.35) (0.19, 0.41)

(ו) ערכי x, y, בהירות או החזרה, צריכים להיות בתחום הנע בין 19-8

הערה: בעולם מקובלים מספר גוונים כאשר אופן היישום בהם לרוב אינו מאוגד בהנחיות המסודרות. בניו זילנד צבע ירוק נמצא בשימוש בנתיבי תחבורה ציבוריים, צבע אדום באזורי סיכון ושביילי אופניים.

ב.2.2.3 חומרים מקשרים בעלי פגמנטי צבע

על החומר המקשר להיות מסוג שרף תרמוסטי דו רכיבי לכל הפחות, בעל פיגמנט המתאים בכדי לספק את עומק הצבע הדרוש לציפוי פני השטח המוגמר, וכן לאפשר את הדבקות האגרנט למצע.

בעת הערבוב והיישום על פני המשטח, על החומר המקשר להיות בעל אורך חיי מדף מספיקים, זאת על מנת להקל על הליך היישום ליצירת שכבת ציפוי בעלת עובי אחיד, לאפשר את הידבקותו אל פני המשטח ושל אגרנטים אליו, וכל זה בתנאי טמפרטורת הסביבה.

הערה: שרפים מסוג תרמוסטיים הם לא אלסטיים ויש חשש לסדיקה במיוחד במפלי טמפרטורה גדלים, אך המסמך מובא כפי שהוא נכתב במקור.

לסיכום מפרט זה ייתכן ודרישות הסף שלו מתאימות מבחינת יישום בתנאי האקלים של מדינת ישראל בשל דימיון בין מאפייני מזג האוויר אך קשה להעיד אל איכות האגרנטים בשימוש באוסטרליה או מגבלות יישום אחרות.

ב.3.3 מפרט רשות שדות תעופה אמריקאי FAA

Item P-620 Runway and Taxiway Painting

מפרט זה הנו למראית עיין המסמך הכי פחות רלוונטי אבל מתוכו ניתן לדלות מידע רב על הדרישות התפקודיות מחומרי סימון המיושמים לרוב במשטחים מאוד בעייתיים מבחינת החשיפה לדלקים, לחץ חישוק גדול מאוד ותמרונים רבים.

זאת כמובן לאור הצורך לאפשר הצבה של סימונים ארוכי קיים שכן חידוש של סימוני משטחים בשדה תעופה פעיל, קשה מאוד.

המסמך מגדיר את הגוונים גם על בסיס קואורדינטות אבל במקרה של הגוון האדום הייחוס הוא רק למספר צבע: RED 31136.

כמות היישום של החומר, סוג וכמות וכדוריות הזכוכית המיושמות מוצגות בטבלה ב.5.

טבלה ב.5: יישום של חומרי הגוונה יחד עם כדוריות זכוכית בהתאם למפרט FFA

סוג חומר הסימון	כמות היישום (m ² /lit)	כדוריות זכוכית, סוג I, מדרג A (kg/l)	כדוריות זכוכית, סוג III (kg/l)	כדוריות זכוכית, סוג IV (kg/l)
צבעים על בסיס מים waterborne	< 2.8	> 0.85	> 1.2	–
צבעים על בסיס מים waterborne	< 2.2	–	–	> 1.0
צבעים על בסיס ממסים solvent-base	< 2.8	> 0.85	> 1.2	–
צבעים על בסיס ממסים solvent-base	< 2.2	–	–	> 1.0
אפוקסי epoxy	< 2.2	> 1.2	> 1.8	> 1.2
מתאקרילט methacrylate	< 1.1	> 1.7	> 2.4	> 1.8

במסמך זה ניתן למצוא גם פירוט של תקנים ובדיקות מעבדה הנדרשות עבור החומרים ביישומים השונים.

ניתן לראות כי רשות שדות התעופה עושה למעשה שימוש בכל סוגי החומרים.

ב.4.3 מסמכי הנחיות נוספים

השימוש בחומרי הגוונה אדומים קיים במדינות רבות לרבות הולנד, גרמניה, מדינות מזרח אירופה ועוד. לא אותרה ספרות בשפה האנגלית ומספר מקורות המידע וההנחיות מצומצם מאוד. יחד עם

זאת קיימות עדויות רבות במרשתת על היקף השימוש בחומרים אדומים לסימון נתיבי תחבורה ציבוריים.

למשל בהולנד קיימת עדות לסימון נתיבי תחבורה ציבוריים עם גוון אדום (ראו ציור ב.5) וגוון ירוק (ראו ציור ב.6). לא אותרה בספרות גישה של צביעת פס כמקובל בישראל ולרוב מקובלת צביעה של רוחב נתיב מלא.



ציור ב.5: יישום חומר הגוונה אדום בהולנד לנתיב תחבורה ציבורית

(מקור: <http://www.roelofsgroep.nl/projecten/onderhoud-busbaan-kernhem-te-edde>)



ציור ב.6: יישום חומר הגוונה ירוק בהולנד לנתיב תחבורה ציבורית

(מקור: <http://www.oogtv.nl/2014/01/tunnel-onder-busbaan-eemsgolaan>)

לציין כי קביעת הגוון האדום לנתיבי תחבורה ציבוריים אינה אחידה ברחבי העולם וגם בניו-זילנד כאמור, קיימת עדות לכך שנתיבי התחבורה הציבוריים מבדילים על ידי שימוש בגוון ירוק (ראו ציור ב.7).



ציור ב.7: יישום חומר הגוונה ירוק בניו-זילנד לנתיב תחבורה ציבורית

(מקור: <http://transportblog.co.nz/2014/11/24/new-bus-priority-coming>)

(<http://transportblog.co.nz/tag/bus-lanes>)

ניתן לציין כי רוב המקומות בהם מיושמים משטחים צבעוניים בנתיבי תחבורה הוא מיושם לכל רוחב נתיב הנסיעה כפי שניתן לראות גם בסרטון מהעיר Glasgow (אנגליה):

http://article.wn.com/view/2011/11/14/Bus_lane_change_pushes_cars_out/

יישום מערכת של צבע אדום ניתן למצוא לכל רוחב הנתיבים גם בארה"ב, סן פרנסיסקו (ראו ציור ב.8).



ציור ב.8: יישום חומר הגוונה אדום בנתיבי תחבורה ציבורית בארה"ב

(מקור: <http://sf.streetsblog.org/2014/07/23/sf-mta-to-paint-the-transit-lanes>)

[/red-on-mid-market-this-weekend](#)

<http://greatergreaterwashington.org/post/24268/red-paint-keeps-drivers-out-of-san-franciscos-bus-lanes>

שימוש נרחב קיים גם בארצות מזרח אירופה כמו בהונגריה כפי שניתן לראות בציור ב.9.



ציור ב.9: יישום חומר הגוונה אדום בנתיבי תחבורה ציבורית בהונגריה

(מקור: <http://www.eltis.org/discover/case-studies/bus-priority-lane-network>)
(-budapest-hungary)

ב.4 מראי מקום

1. הודעת התעבורה (קביעת תמרורים), התשע"א – 2010.
2. תקנות והנחיות להצבת תמרורים, התחבורה, 2012.
3. התקני תנועה, בטיחות ורמזורים מאושרים להצבה בדרך, הוועדה הבין-משרדית להתקני תנועה ובטיחות.
4. המדריך להסדרי תנועה באתרי עבודות בדרכים בין-עירוניות, משרד התחבורה וחברת נתיבי ישראל.
5. מטר ק. וירון ר., "חומרים לסימון דרכים" משרד התחבורה, 2009.
6. ת"י 934: חומרים לסימון דרכים: הכנת דרכי אספלט לסימון והשמתו והשמת חומרי סימון.
7. ת"י 1871: צבעים, חומרים פלסטיים קרים, וחומרים תרמופלסטיים – דרישות.
8. ת"י 1423: תוספים בהפלה חופשית, כדוריות זכוכית, אגרגטים למניעת החלקה ותערובות של שניהם.
9. ת"י 1790: סימונים מוכנים מראש.
10. ת"י 7962: חומרים שחורים להסתרת סימוני דרכים קיימים – דרישות.
11. אתרים במרשתת. מצורפים קישורים לפי העניין.

12. Shaffer S., Christiaen A., and M. Rogers, "Assessment of Friction-Based Pavement Methods and Regulations", Task 2003 E1, U.S. Department of Transportation, 2006.
13. FAA – FAA Advisory Circular for Runway Marking (3), Item P-620 Runway and Taxiway Painting.
14. Roads and Maritime Services (RMS) QA Specification R110, ACT_R110_E2_R1 Coloured Surface Coatings, Australia.
15. Guidance on Coloured Surfacing, Anex 4, Oxfordshire, England.
16. SG10/05/050, Guidelines Document dot the Assessment and Certification of Coloured Surface Treatments for Highways. 9Th May 2005 (Draft 1.7).
17. FHWA Federal Register: July 31' 2002 (Volume 64' Number 147), " Traffic Control Devices on Federal-Aid and onter Streets and Highways; Color Specifications for Retroflective Sign and Pavement Marking Materials"
18. **UNE 48073-2:1994**, PAINTS AND VARNISHES. COLORIMETRY. PART 2: COLOUR MEASUREMENT (status = cancelled)

נספח ג: נוהל הגשת תיק מוצר לחומר הגוונה אדום לבדיקה במסגרת הועדה הבין משרדית

תהליך הבדיקה והאישור של חומרי הגוונה יבוצע על סמך תיק בקשה אשר יכלול את רשימת התכולה המפורטת להלן. כל המסמכים המוגשים לוועדה הבין משרדית צריכים להיות כתובים בשפה עברית או אנגלית או תרגום לשפות אלה כאשר התרגום יהיה חתום על ידי נוטריון.

1. ג. מפרט טכני

מטרתו של המפרט הטכני של המוצר לתאר את המוצר והשימושים שלו. נדרש לפרט את:

- שם היצרן, מענו ומפיצים.
- מספר קטלוגי של המוצר וסימני זיהוי.
- ההרכב הכימי של המוצר.
- נתונים תפקודיים כלליים (למשל זמן ייבוש בטמפרטורה ולחות מסוימת, עובי יישום, שיטת יישום, הסמכות והכשרות מיוחדות נדרשות).
- תיאור ציוד יישום ייעודי ודרישות מקדימות.
- כל מידע נוסף המתאר את המוצר, תפקודו, יתרונותיו ומגבלותיו (למשל השפעה על קיים בחשיפה לתנאים סביבתיים או תפקודיים או מגיבים מסוימים).

2. ג. הוראות יישום

הוראות היישום צריכות לפרט את המידע הנוגע לאופן היישום וכוללות מידע הנוגע ל:

- הכנות נדרשות של פני השטח.
- שיטת / שיטות יישום.
- זמני ייבוש בתנאי לחות וטמפרטורה בתווך עבודה אופייני למדינת ישראל (כולל נתונים וגראפיים לזמני ייבוש בתנאי סביבה שונים).
- תנאים סביבתיים להשמה.
- מגבלות של תנאים סביבתיים להשמה.
- מגבלות של לחות כלואה במשטח עליו מיישמים את החומר.
- טווח בטחון מגשם.
- ציוד ההשמה.
- כמויות ואופן היישום.
- בדיקות ניטור ומעקב נדרשות אחרי יישום ראשון.
- מגבלות יישום על שכבות קודמות עם על סימונים קודמים.

- התייחסות ליישום על גבי משטחי בטון או בטון-אספלט.

ג.3 הוראות אחזקה

בסעיף זה על המבקש לפרט האם החומר מצריך פעולות אחזקה שוטפות יזומות (תקופתיות).

בנוסף נדרש להגדיר בפרק זה:

- האם ניתן לשטוף את החומר. יש להגדיר באיזו תנאים.
- פעולות תיקון נקודתיות במקרה של כשל ואופן החידוש של המשטח.
- קיום תהליכים לחידוש הגוון.

ג.4 גיליון בטיחות

על מגיש הבקשה להציג גיליון בטיחות. גיליון הבטיחות כמו יתר המסמכים חייב להיות נתון בשפה העברית או האנגלית. גיליון הבטיחות יכלול את כל 16 הפרקים הנדרשים לפי תקנות הבטיחות בעבודה (גיליון בטיחות, סיווג, אריזה, תיווי וסימון של אריזות), התשנ"ח-1998. גיליון הבטיחות יתייחס לפירוט הבא:

1. זיהוי החומר וזהות היצרן, היבואן הסוכן או המשווק, לפי העניין;
2. זיהוי מרכיבי החומר המסוכן והשפעתם;
3. הוראות עזרה ראשונה;
4. נוהל כיבוי אש;
5. אמצעי זהירות;
6. טיפול ואחסנה;
7. אמצעים לצמצום חשיפה ומיגון אישי;
8. תכונות פיסיקליות וכימיות;
9. יציבות וריאקטיביות;
10. רעילות (מידע טוקסיקולוגי);
11. מידע סביבתי;
12. דרכי סילוק חומר מסוכן;
13. שינוע;
14. חקיקה ותקינה;
15. מידע אחר.

בנוסף לאמור לעיל, על מגיש הבקשה להציג גורמי סיכון חריגים ודרך הטיפול בהם. כמו כן, ככול שקיים צורך בצידוד מיוחד או הגנות מיוחדות לטיפול בחומר על מגיש הבקשה לציין זאת במעמד הבקשה.

5.ג. בדיקות מעבדה

בפרק 2 מוגדרות סדרה של בדיקות מעבדה הכוללות בדיקות אפיון בהתאם לסוג החומר ובדיקות קיים הנדרשות מהחומרים המוגשים לבדיקה במסגרת מפרט זה.

על הבדיקות להיות מוגשות בשפה העברית או האנגלית כאשר הן מבוצעות על ידי מעבדה מוסמכת כמוגדר בנוהל הוועדה הבין משרדית לבחינת התקני תנועה ובטיחות, נספח א' – דרישות לבחינת התקנים ומעבדות מוכרות לבדיקתם, במהדורתו העדכנית ביותר.

6.ג. סימון אריזה ותיעוד שרשרת אספקה

חולייה חשובה באבטחת איכות של מוצר מותקן בשטח הנו היכולת להוכיח את מקוריות ההתקן ושמירה על הנחיות היצרן. אריזה, סימון, שינוע ותיעוד כל שרשרת האספקה מבטיחים כי בכל רגע נתון ניתן לזהות את מקור החומר, מועד ייצורו והדרך אותה עבר עד ליישום בשטח.

על מגיש הבקשה יהיה להציג פירוט של :

- סימון האריזה : זיהוי אריזות החומר על ידי סימון מתאים. במעמד הגשת הבקשה יש להציג את אופן סימון מארזי החומר בשעת היציאה מהמפעל ואת משמעות הסימונים השונים (למשל ברקודים מיוחדים, אופן הטבעת תאריך ושעת ייצור וכדומה).
- מארז: על מגיש הבקשה לתאר את גודל המארז, משקלו ואופן הפריקה והכנה לקראת שימוש. נושא זה חיוני להבנת היבטי בטיחות וגהות אבל גם להיבטים של אופן השינוע ואחסון של החומרים המוצעים. לדוגמא, חלק מהחומרים מגיעים כאשר כלל המרכיבים נמצאים בתוך קופסה אחת ולעתים מספר מרכיבים במארזים שונים.
- תיעוד שרשרת אספקה – על מגיש הבקשה להציג דוגמא של תעודת משלוח של היצרן לרבות פירוט מרכיבים המאפשרים ההקשר בין היצרן לבין המשלוח שמגיע ליעדו.

7.ג. ניסיון בשימוש בחומר ההגוונה ברשויות דרך

יש להציג בפני הוועדה הבין משרדית הצהרה של היצרן על ניסיון של יישום חומר ההגוונה בנתיבי תחבורה ציבורית ברשויות דרך, בשלשה פרויקטים לפחות ובאורך כולל של 10 ק"מ לפחות. יש לצרף פרוט בעבור כל אחד מהפרויקטים, שיכלול לפחות את הפרטים הבאים:

- מיקום היישום
- מטרת היישום
- תאריך היישום
- פרטי הגוף המזמין
- היקפי תנועה מוערכים
- מצב השטח נכון להווה. האם בוצעו עבודות אחזקה של חומר ההגוונה

בנוסף, ההצהרה צריכה לכלול מידע הנוגע לתנאי הסביבה, סוג פני המיסעה, אופן היישום, וכו'. במידת האפשר יש להוסיף גם תמונות המתעדות את הפרויקט.

המידע בנוגע לניסיון בשימוש בחומר ההגוונה ישמש בידי הוועדה לצורך קביעת תנאי היישום של חומר ההגוונה בתקופה הראשונה שלאחר אישורו.

8.ג מסמכים נוספים

בפרק זה מגיש הבקשה יכול לפרט או להציג כל מידע נוסף שמסייע להבין את היתרונות והחסרונות של המוצר לצד דרכי יישום. דוגמא של מסמכים שניתן להציג בפרק זה:

- מכתבי קבלה של רשויות דרך letter of acceptance בארץ ובחו"ל.
- דוחות מחקר ודוחות מעקב רב שנתיים על יישום ההתקנים.
- מסמכים מקצועיים ובדיקות מעבדה משלימות.
- דוגמאות של תעודות הסמכה.
- מפרט של ציוד משלים המתאים ליישום החומרים.